

【特許請求の範囲】

【請求項1】 消耗電極ワイヤと被溶接材とに導通接続する溶接電源装置を備え、シールドガス雰囲気中でアーク溶接を行う消耗電極ガスシールドアーク溶接装置において前記溶接電源装置を制御する溶接電源制御装置であって、

消耗電極ワイヤの先端部からの溶滴の離脱を検出して溶滴離脱信号を出力する溶滴移行検出部と、

前記溶滴離脱信号を受信後、所定時間内に溶滴離脱信号を受信しないときに溶滴強制離脱信号を出力する溶滴離脱遅延検出部と、

前記溶滴離脱強制信号に基づいて離脱遅延した溶滴を強制的に離脱させる溶滴強制離脱制御を行う溶接電源波形制御部とを備えた溶接電源制御装置。

【請求項2】 前記溶滴移行検出部は、溶接電圧と溶接電流とから溶接電圧／溶接電流の時間微分信号を求め、溶滴の離脱が生じるものと判断される閾値に基づいて前記時間微分信号を弁別する弁別手段を有する請求項1に記載した溶接電源制御装置。

【請求項3】 前記溶接電源波形制御部は、前記溶接離脱信号に基づいて溶接電流を低下させる離脱安定化制御を行う請求項1または2に記載した溶接電源制御装置。

【請求項4】 消耗電極ワイヤが送給されるとともにその外周部にシールドガスを供給する溶接トーチと、前記消耗電極ワイヤと被溶接材とに導通接続される溶接電源装置と、前記溶接電源装置を制御する溶接電源制御装置とを備えた消耗電極ガスシールドアーク溶接装置であって、

前記溶接電源制御装置として、請求項1～3のいずれか1項に記載した溶接電源制御装置を用いた消耗電極ガスシールドアーク溶接装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】この発明は、シールドガス雰囲気中で消耗電極を用いてアーク溶接を行う消耗電極ガスシールドアーク溶接装置およびこの装置に用いられる溶接電源制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】消耗電極ガスシールドアーク溶接では、消耗電極ワイヤの消耗に伴いワイヤ先端部に溶滴が形成される。ワイヤの先端部に形成された溶滴は、溶滴に働く種々の作用力、例えば重力、アーク反力、電流ピンチ力、溶滴表面張力の結果として、溶滴がある一定の大きさになるとワイヤ先端部から離脱し、被処理材（母材）の溶融池に滴下される現象、いわゆる溶滴移行により母材に溶接ビードが連続的に形成され、溶接が行われる。

【0003】ワイヤの先端部に形成された溶滴の下部はアーク放電の陽極として、溶融池は陰極として働くため、アークより反作用を受ける。アークの安定性が悪化した場合、前記溶滴は不規則で大きな影響を受け、溶滴

が飛び散るいわゆるスパッタの現象を引き起こしやすい。特に、炭酸ガスまたは炭酸ガスを主成分として含む混合ガスをシールドガスとして用いる炭酸ガス系のガスシールドアーク溶接では、アークが比較的収斂しているため、溶滴に対して上向きの大きな反力が働き、溶滴が不安定な場合、この反力によって溶滴が吹き飛ばされる。また溶滴が離脱し、アークが溶融池とワイヤ先端部に再点灯する場合にも、急激なアーク反力がワイヤ先端部に働き、溶滴離脱後の残り湯あるいは溶融池を吹き飛ばし、スパッタが発生しやすい。この現象はアーク電流が大きく、またアーク状態（アーク長、アーク位置）の変動が大きな場合に著しく生じる。このために、特に炭酸ガス系のシールドガスをを用いる高速の大電流溶接、あるいは溶着量の大きな高効率溶接を行った場合に大きな問題になってくる。

【0004】アーク長さ、位置の大きな変動をもたらす要因としては、①溶接ワイヤの送給速度の変動、②溶滴の形態不安定による陰極点の揺動、③大粒溶滴の離脱に伴うアーク再点灯、④溶滴の短絡によるインピーダンス急変動、その他が考えられる。従来、これらの不安定要因を取り除く手法として、潤滑剤の最適化によるワイヤ送給性の向上やワイヤ表面の改善によるローラー送りの安定化、あるいはワイヤの組成などの改善による溶滴形状の安定化（表面張力の増大化）、または規則的な溶滴の離脱の促進によるアーク長の不規則な変動やワイヤ溶融池短絡防止などの方法が採られている。

【0005】規則的な溶滴の離脱の促進によるアーク長の不規則な変動やワイヤ溶融池短絡防止などによるスパッタを低減する方法の一つとして、溶接電源としてパルス電源を使用する方法がある。この方法は、特開平7-16743号公報、特開平7-47473号公報、特開平8-267238号公報等に示されているように、一定の周期でピーク電流とベース電流を繰り返す溶接電流波形を設定し、ピーク電流を与える期間内で溶滴の離脱と成長を促し、ベース電流期間中に溶滴の形状と位置を安定化させ、次の溶滴の離脱に備える、いわゆる1パルス1移行の電源波形の制御により規則正しい溶滴移行を実現しようとするものである。

【0006】ところが、これらの手法では1パルス1溶滴移行を実現するために、溶滴の平均移行周期とパルス周期とを一致させる様に電流波形が制御されているものの、実際の溶滴移行のタイミングとは無関係にパルスを印加しているため、移行周期にパルスを正確に同期させることが困難である。このため、ピーク電流中に溶滴離脱のタイミングがきた場合には、溶滴離脱後の電流値が高いので、ワイヤ先端部に形成され始めた溶滴が強いアーク力によって吹き飛ばされてスパッタが発生する。一方、ピーク電流中に溶滴が離脱せずに、ベース電流中に溶滴離脱のタイミングがずれ込んだ場合には、溶滴の離脱ができないことが多くなり、1パルス1溶滴移行から

外れて溶滴移行現象が不安定になり、溶融池との接触短絡が生じたり、大粒のスパッタが発生するなどの問題がある。このように、上記手法では、溶滴の離脱のタイミングにあわせて電源波形を制御していないため、溶滴離脱タイミングと電流波形の位相が逆転する事態が生じ、かえってスパッタを増加させてしまう場合が多かった。

【0007】この問題に対して、溶滴の離脱タイミングを検出し、そのタイミングにあわせて電流波形を制御する試みが種々なされている。これらの手法では、特開平8-267239号公報、特開平8-290270号公報、特開平8-318375号公報、特開平9-85439号公報、特開平10-272591号公報等に示されているように、溶接電流あるいは溶接電圧、さらにはこれらの時間変化信号が溶滴の離脱が生じるものと判断される一定の設定値を超えた場合に溶滴の離脱が生じたものと判断して溶滴の離脱を検出し、これによって出力された溶滴離脱信号に基づいて溶接電流波形を制御する手法が採られる。

【0008】これらの方法によって、一時的な高電流（ピーク電流）を用いることにより溶滴の離脱を促し、離脱の検出とともに低電流（ベース電流）まで速やかに低下させることにより、高電流条件下でのアーク再点弧によるワイヤ先端部の溶滴の飛散を防止し、かつ、適切なタイミングで溶滴の形成と形状安定化を促進することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記溶接電流波形制御を行っても、溶滴離脱の遅延現象を十分に防止することはできず、一旦、遅延が生じると溶滴移行制御が不可能になるという問題がある。すなわち、溶滴移行のタイミングは、ワイヤの長さ方向の材質の不均質性、あるいはワイヤの送給速度の揺らぎによって大きく左右される。これに起因して、溶滴移行のタイミングが正常なタイミングから遅れる溶滴離脱の遅延現象が現れ、溶滴が成長し続けて粗大な溶滴が生じる。このような状態になると、大きなピーク電流を付与することは、溶滴へのアークの反力をかえって高めることになり、その結果、粗大溶滴を粉々に吹き飛ばしてしまうことになる。また、粗大な溶滴の形成は、その後の溶滴の離脱において急峻なアーク長、アーク点の変動をもたらし、急激なアーク位置の変動に伴う衝撃波によって、あるいは側方に変位した溶滴と溶融池との接触で生じた大電流による大きなピンチ効果によって溶滴を側方へ吹き飛ばす現象を生じる。あるいは、粗大溶滴の不規則な形態変動（振動）によるアーク点の高速振動により溶滴を上方へ吹き飛ばしたり、粗大溶滴が溶融池へ落下してスプラッシュを発生させる。このように粗大溶滴は溶滴飛散の原因となることが多く、溶滴離脱遅延が生じて大粒のスパッタが生じると、溶滴離脱を検出して溶接電流波形を制御する従来の制御方法ではもはや正常な溶滴移行制御を

行うことは不可能になる。

【0010】また、溶滴の離脱を検出して溶接電流波形を制御する場合においても、実際には移行周期にパルス波形を合わせて同期するようにパルス電流値、時間、波形形状、ワイヤ送り速度を最適に調整する必要があり、この調整が不適切であると安定な移行制御が困難になり、溶滴の離脱遅延が生じることになり、安定な移行制御が困難となる。

【0011】図13には定電圧制御の溶接電源装置を使用した溶接装置における出力電流（溶接電流）の波形を示す。ワイヤ送給とアーク長低下、溶滴形成に伴い電流値が上昇し、アーク長が極小に達して溶滴が離脱すると、未溶融のワイヤ先端へアークが移動しアーク長が急上昇するため電流が低下する。電流低下は、ワイヤ先端のメルトバックと次の溶滴形成までのアーク長増加の間続き、その後ワイヤの送給によりアーク長が低下に転じ、再度電流が上昇する。安定な溶滴移行はこの状態が規則正しく繰り返されることにより実現される。図13-A（上図）は、安定した規則正しい溶滴移行が生じている例で、溶接電流波形には溶滴移行に伴う規則的な脈動が見られている。一方、図13-B（下図）には溶滴移行の周期が乱れている場合の電流波形を示す。図13-Bでも、電流波形の極大値付近で溶滴の移行が生じていることは図13-Aと同様であるが、図13-Aに見られるような規則正しい電流波形が見られず、溶滴移行の間隔にばらつきが見られる。溶滴移行の間隔が大きくなると、溶滴の離脱が遅延しているところで、この場合に大粒のスパッタが発生することが高速度カメラによる観察で確認されている。図14は溶滴移行のインタバルと、溶滴移行の状態の関係を示した図であり、溶滴移行のインタバルが増大するにつれて、スパッタの発生が著しく増加することが見られる。

【0012】また、高速度カメラでの観察により、移行遅延には特有の現象が付随することもわかってきた。つまり、遅延の無い正常な溶滴移行の場合、ワイヤ先端部に形成された溶滴は比較的ワイヤ先端部に止まっており、ワイヤの送給によって母材との距離が接近し電流急増により溶滴の根元に大きな電流ピンチが働いて溶滴が離脱滴下するのに対して、移行遅延が生じている場合、ワイヤ先端部に形成された溶滴がワイヤ軸上から外れて大きく横にずれてアーク反力により上方に押し上げられたり、溶滴が上下方向に大きくつぶれアーク長が増加する等により、溶滴の離脱に必要な電流値に達しないことなどの現象が生じることが明らかになった。図15はこの様子を示したものである。このような溶滴離脱遅延は、特に溶滴の表面張力が一時的に低下することにより、溶滴形態が一時的に不安定になることが原因と考えられる。

【0013】本発明はかかる問題に鑑みなされたものであり、消耗電極ガスシールドアーク溶接において、溶滴

の移行遅延、引いては粗大溶滴の形成によるスパッタの発生を防止することができる溶接電源制御装置およびこれを用いた溶接装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の溶接電源制御装置は、消耗電極ワイヤと被溶接材とに導通接続する溶接電源装置を備え、シールドガス雰囲気中でアーク溶接を行う消耗電極ガスシールドアーク溶接装置において前記溶接電源装置を制御する溶接電源制御装置であって、消耗電極ワイヤの先端部からの溶滴の離脱を検出して溶滴離脱信号を出力する溶滴移行検出部と、前記溶滴離脱信号を受信後、所定時間内に溶滴離脱信号を受信しないときに溶滴強制離脱信号を出力する溶滴離脱遅延検出部と、前記溶滴離脱強制信号に基づいて離脱遅延した溶滴を強制的に離脱させる溶滴強制離脱制御を行う溶接電源波形制御部とを備える。前記溶滴移行検出部には、溶接電圧と溶接電流とから溶接電圧／溶接電流の時間微分信号を求め、溶滴の離脱が生じるものと判断される閾値に基づいて前記時間微分信号を弁別する弁別手段を設けることができる。また、前記溶接電源波形制御部は、前記溶滴離脱信号に基づいて溶接電流を低下させる離脱安定化制御を行うことができる。

【0015】本発明の消耗電極ガスシールドアーク溶接装置は、消耗電極ワイヤが送給されるとともにその外周部にシールドガスを供給する溶接トーチと、前記消耗電極ワイヤと被溶接材とに導通接続される溶接電源装置と、前記溶接電源装置を制御する溶接電源制御装置とを備えた消耗電極ガスシールドアーク溶接装置であって、前記溶接電源制御装置として、上記本発明にかかる溶接電源制御装置を用いたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の溶接電源制御装置101は、好適には炭酸ガス系シールドガスを用いる消耗電極ガスシールドアーク溶接における溶接電源装置の電源波形制御に使用されるものであって、溶滴の移行遅延を監視し、溶滴離脱遅延が生じて溶滴が粗大成長した場合には、所定の溶接電源波形制御が不能になる前に溶滴を強制的に離脱させる溶滴強制離脱制御を行うものである。

【0017】この溶接電源制御装置101は、図1に示すように、消耗電極ワイヤの先端部からの溶滴の離脱を電氣的に検出して溶滴離脱信号を出力する溶滴移行検出部102と、前記溶滴移行検出部102からの溶滴離脱信号を受信後、所定時間内に新たな溶滴離脱信号を受信されないときに溶滴強制離脱信号を出力する溶滴離脱遅延検出部104と、インバータを備えた溶接電源装置111に電氣的に接続され、前記溶滴強制離脱信号に基づいて粗大化した溶滴を強制的に離脱させるように溶接電源波形を制御する溶接電源波形制御部103とを備えている。前記溶接電源装置の出力側は、溶接トーチ、被溶接材（母材）に電氣的に接続される。

【0018】前記溶滴移行検出部102は、電圧検出器V、電流検出器Aから入力された溶接電圧、溶接電流に基づいてアークインピーダンスすなわち溶接電圧／溶接電流およびその時間微分信号を求める演算手段105と、アークインピーダンスの時間微分信号を溶滴離脱が生じると判断される基準値を閾値として弁別する弁別手段106とを有しており、前記時間微分信号が閾値を超えるとき溶滴離脱信号が出力される。

【0019】前記溶接電源波形制御部103は、正常な溶滴移行が行われている際の溶接電源波形を制御するとともに、前記溶滴離脱遅延検出部104からの溶滴強制離脱信号に基づいて溶滴を強制的に離脱させる強制離脱電源波形を出力するように溶接電源装置111を制御する。強制離脱電源波形としては、例えば定常溶接電流よりも十分高いパルス状電流波形を用いることができる。さらに、溶接電源波形制御部103は溶滴離脱信号に基づいて溶滴離脱時のスパッタを抑制するための離脱安定化電源波形を出力することができる。前記離脱安定化電源波形としては、定常溶接電流よりも十分に低い電流波形を用いることができる。なお、溶滴離脱時のスパッタは、主として溶滴くびれ部分の飛散、あるいはアーク再点弧でのワイヤ先端残り湯の飛散によるものである。

【0020】前記溶滴離脱遅延検出部104は、溶滴離脱信号の受信から溶滴を強制的に離脱させるまでの限界時間を設定する限界時間設定手段107と、溶滴離脱信号の受信からの経過時間を計測する計測手段108と、前記経過時間が限界時間に達したときまでに溶滴離脱信号が入力されていない場合に溶滴強制離脱信号を出力する離脱遅延判断手段109とを有している。前記限界時間は、タイマーにより限界時間を直接的に設定してもよく、および／または溶滴の形成に投入される積算電力の限界値である限界積算電力を用いて間接的に設定してもよい。限界時間として限界積算電力を用いるときは、計測手段108として溶接電力を時間積分する積分器を使用することができる。

【0021】ここで、上記溶接電源制御装置101による溶滴強制離脱制御を、図3に示すフローチャートに従って説明する。まず、溶滴移行検出部102により溶滴移行を検出し（S1）、溶滴離脱信号が溶滴離脱遅延検出部104へ出力されたとき、溶滴離脱遅延検出部104の計測手段108を一旦リセットした後、計測を開始する（S2、S3）。計測手段108が限界時間に到達するまで、引き続いて溶滴移行検出が行われる（S4、S5）。限界時間に到達前に溶滴離脱信号が出力される場合は、安定溶滴移行が行われている場合である。溶滴離脱が検出された後は、離脱安定化波形が出力され（S6）、制御終了まで同様の制御（S7、S2～S6）が行われる。一方、限界時間に到達するまで溶滴離脱信号が出力されないときは、移行遅延が生じているものと判断して溶滴離脱遅延検出部104から溶滴強制離脱信号

が出力され、溶接電源波形制御部103によって強制離脱電流波形が出力される(S8)。この強制離脱電流波形の出力によって、溶滴は強制的にワイヤの先端部から離脱する。この溶滴離脱を検出後、溶滴離脱時のスパッタを抑制するため、必要に応じて溶接電源波形制御部103によって離脱安定化電流波形を出力する(S5, S6)。

【0022】前記溶滴移行検出部102においては、溶滴離脱信号をアークインピーダンスの時間微分信号に基づいて生成させるようにしたが、溶接電流、溶接電圧あるいはこれらの時間微分信号に基づいて溶滴離脱信号を出力するようにしてもよい。もっとも、溶滴離脱信号をアークインピーダンスの時間微分信号に基づいて生成させることで、実際の溶滴離脱のタイミングを的確に捉えることができる。すなわち、溶滴離脱に伴うアーク状態の大きな変動は、溶接電流あるいは溶接電圧の波形変化として現れるが、アーク状態の変化をより直接的にモニタリングすることができるアークインピーダンスの時間微分を取ることににより、アーク状態の変化を大きな信号変化として見出すことができる。しかも、真にアーク変化に起因する信号を取り出すことができるため、例えば電源ノイズを真の溶滴離脱に基づく溶滴離脱信号から除去することができる。電源出力の波形を変調してアークインピーダンスを得る手法は数々考えられるが、本発明ではアークインピーダンスの直流成分すなわち溶接電圧／溶接電流をモニタリングするので、特殊なプローブ波形を用いる必要がなく、簡便に溶滴移行検出を実施することができる。

【0023】図4は、定電圧制御の溶接電源装置を使用した場合のアークインピーダンス(溶接電圧／溶接電流)の時間微分信号波形を示したものであり、高速度カメラによって確認したところ、電源ノイズに起因する擬パルスが除去され、実際の溶滴離脱タイミング近傍にのみパルス状の急峻なアークインピーダンス時間微分信号が生じている。これより、電源ノイズが起因の擬パルスのほとんどは、溶接電圧／溶接電流の信号処理の過程で除去されていることがわかる。これは、アークインピーダンスの直流成分変化が電源ノイズに左右されないことに基づくものである。

【0024】ところで、溶滴の離脱が生じたとき、図4から観察されるように、溶接電圧／溶接電流の微分信号波形には一回の溶滴離脱に伴い数回のパルス状信号が発生することが観察される。これは、溶滴の離脱に伴い、溶滴下部と溶融池の間でアーク点が激しく位置を変えることによって生じる現象で、電気接点のスイッチに見られるチャタリングに似ている。このようなチャタリングは、溶滴離脱検出において移行回数を過大評価する原因となる。チャタリングの発生は、次の溶滴移行までの間の時間間隔に比べて非常に短い時間間隔内にその発生が集中している。このことからこのチャタリングによる溶

滴離脱の誤認識は、平均溶滴移行間隔に比べて小さな一定の時間内に生じる溶滴離脱信号を真の溶滴離脱信号として処理しないようにする不感処理を行うことで回避できる。

【0025】このため、図2に示すように、溶滴離脱信号が溶滴移行検出部102から出力された後、溶滴移行検出を平均溶滴移行間隔に比べて短い所定期間行わないようにする不感処理手段113を設けるのがよい。不感処理手段113としては、溶滴離脱の際の初回の溶滴離脱信号を受けた後、チャタリングによって生じた見かけの溶滴離脱信号が入力されないように、溶接電源波形制御部103および溶滴離脱遅延検出部104と溶滴移行検出部102との間に開閉ゲート114を設け、これを開閉制御部115の制御により所定の時間(不感時間という。)の間、閉鎖するようにすればよい。前記不感時間は、タイマーにより不感時間を直接的に設定してもよく、および／または溶滴形成と移行までに投入される積算電力に比べて小さな一定基準の不感積算電力を用いて間接的に設定してもよい。なお、図2において図1と同機能の制御部は同符号が付されている。

【0026】前記アークインピーダンスの時間微分信号は、アークインピーダンス(溶接電圧／溶接電流)を演算する除算器や、アークインピーダンス信号を微分する微分器からなるアナログ回路によって得ることができる。また、適当な周期で溶接電流、溶接電圧をサンプリングし、間欠的に溶接電流／溶接電圧を求め、サンプリング間隔の前後におけるアークインピーダンス信号の差分を前記間隔で除すことによって得られる変化値をアークインピーダンスの時間微分信号とすることができる。

【0027】図5は1.2φCuメッキソリッドワイヤを用いて炭酸ガスシールドアーク溶接を行った際のサンプリングによって得た溶接電圧／溶接電流の信号波形を示す。溶接電圧、溶接電流はAD変換器を用い、サンプリング周波数25kHzでサンプリングしたものである。前記溶接電圧／溶接電流のサンプリング間隔の前後の差分を求め、この差分をサンプリング間隔で除して得られた時間微分信号波形を図6に示す。この時間微分信号に閾値=200Ω/secのディスクリミネートを設定し、さらに初回の溶滴離脱信号を受けてから100ジュールの積算電力に至るまでの時間を不感時間として溶滴の離脱を検出した溶滴離脱信号列を図7の下段に示す。図7の上段には、前記溶接電圧／溶接電流の波形、および高速度カメラで観察された実際の溶滴の移行タイミングが縦の破線で示されている。図7より、溶滴移行検出部102により得られた溶滴離脱信号は、いくつかのエキストラパルスがなお残留しているものの、これまでの溶接電流あるいは溶接電圧を単独で微分して得られた信号に対して格段に検出精度が高まっていることがわかる。

【0028】次に、実施例を用いて本発明をより具体的

に説明するが、本発明は実施例によって限定的に解釈されるものではない。例えば、本発明にかかる溶滴移行検出部、溶接離脱遅延検出部、溶接電源波形制御部は、溶接電圧、溶接電流をAD変換し、得られたデジタル信号をコンピューターによって処理することで実現することができる。

【0029】

【実施例】〔実施例1〕図8は実施例にかかる消耗電極ガスシールドパルスアーク溶接装置の全体構成を示す機能ブロック図であり、この溶接装置はスプール122に巻き取られた消耗電極ワイヤWが送給モータ123により送給されるとともに図示省略した炭酸ガス源からシールドガスが供給される溶接トーチ121と、前記消耗電極ワイヤWと母材Mとの間に電気的に接続され、溶接電力を供給する溶接電源装置111と、前記溶接電源装置111の電源波形を制御する溶接電源制御装置101とを備えている。なお、溶接電源装置、溶接電源制御装置は図1に記載のものと同機能を有するので、同符号が付されている。

【0030】前記ワイヤWは送給モータ123で駆動されるワイヤ送給ローラによって溶接トーチ121に向けて送給され、ワイヤWと母材M間にアーク放電を発生させて溶接が行われる。送給モータ制御回路124は、溶接電源制御装置101に付設された出力設定器19が設定するワイヤ送給速度に基づき送給モータ123の回転速度を制御する。

【0031】前記溶接電源装置111は、商用3相交流電力を溶接用電力に変換するものであり、溶接トーチ121と母材Mとの間に導通接続される。工場内に設けられた3相交流電力供給部から供給される交流電流は、第1整流回路2で直流に整流され、平滑用コンデンサ3により平滑される。この直流電流は、インバータ4によって高周波交流電流に変換され、インバータ4の出力はトランス5によって溶接用電圧に降圧される。トランス5から出力される高周波交流電流は第2整流回路6により溶接用直流電流に整流され、この溶接用電流は平滑用のリアクトル7を介して溶接ワイヤWと母材Mとに供給されて、アーク溶接が行われる。

【0032】前記溶接電源制御装置101は、アーク電圧を検出するための電圧検出器8、溶接電流を検出するための電流検出器9を備えている。前記電圧検出器8の出力（溶接電圧）および電流検出器9の出力（溶接電流）はインバータ制御部18および溶接電圧／溶接電流を出力する除算器26、および電力乗算器29に与えられる。

【0033】また、前記溶接電源制御装置101の出力制御部17は、波形設定器15により設定される溶接電流波形が溶接電源装置111から出力されるように、波形生成器16からの波形生成信号を受けて、インバータ4を制御する。

【0034】前記波形設定器15は、電源波形制御を行う際の波形を設定するものであり、定常電流波形や、溶滴移行遅延が生じた際に溶滴を強制的に離脱させる強制離脱電流波形を設定することができる。さらに、溶滴離脱時のスパッタを抑制するための離脱安定化電流波形を設定することができる。なお、離脱安定化電流波形は後述するように定常電流波形に組み込むこともできる。

【0035】前記波形生成器16は、強制離脱信号を受けて動作するパルストリガ回路21からのトリガ信号により、定常電流波形から強制離脱電流波形が出力されるように波形生成信号を前記出力制御部17へ出力する。また、溶滴離脱信号を受けた際に離脱安定化電流波形を出力するように出力制御部17を制御する。また、溶滴離脱信号を受けて動作するパルストリガ回路21からのトリガ信号により、設定された定常電流波形に応じて溶滴離脱後の溶接電流波形の切り換え制御を行う。

【0036】前記定常電流波形としては、定電流波形のほか、例えば図9（A）に示すように、溶滴の離脱を促すピーク電流Pと、溶滴離脱後に溶滴の形成を行うベース電流Bとを交互に繰り返す方形波形とすることができる。この場合、波形生成器16は溶滴離脱信号によってピーク電流波形をベース電流波形に切り換える。また、図9（B）に示すように、溶滴の離脱を促す第1ピーク電流P1と、溶滴離脱後に第1ピーク電流より低い電流値でスパッタの発生を抑制しつつ溶滴の形成を促進する第2ピーク電流P2と、溶滴の形状整形を行うベース電流Bとを交互に繰り返す多段波形とすることができる。この多段波形の場合、溶滴離脱信号によって波形生成器16は第1ピーク電流P1を第2ピーク電流P2に切り換える。なお、方形波形のベース電流波形、多段波形の第2ピーク電流波形P2は離脱安定化電流波形に相当するものである。

【0037】前記溶滴移行検出部102は、前記電流検出器8と電圧検出器9の出力を入力とし、そのアークインピーダンス（溶接電圧／溶接電流）を出力する除算器26と、その出力を微分する微分器25と、微分器25からのアナログパルス状出力信号を、溶滴離脱の発生レベルに設定した閾値によって弁別し、低レベルのノイズを除去するディスクリミネーター24と、ディスクリミネーター24からの出力信号を整形し、閾値を超えたパルス状出力信号に対して溶滴離脱信号（1-0信号）を出力する波形整形器23を備える。前記波形整形器23から出力された溶滴離脱信号は、ゲート22を経てパルストリガ21およびリセットトリガ27に入力される。前記ディスクリミネーター24の閾値は、検出レベル設定器14により設定される。なお、後述のスパッタ発生量の測定に際しては、前記ディスクリミネーター24および波形整形器23として、汎用のシングルチャンネルパルスハイトアナライザを使用した。

【0038】一方、電力乗算器29で乗算された溶接投

入電力は、積分器28により積算され積算電力として出力される。積分器28の積算投入電力の値は、前記溶滴移行検出部102から出力される溶滴離脱信号に基づいてリセットトリガ27から出力されるリセット信号によりリセットされた後、積算が開始される。積分器28からの積算電力は、比較器30によって不感積算電力設定器12によりあらかじめ設定された電力との比較がなされ、所定の積算電力に達した後にゲート22へゲート開放信号を出力し、溶滴離脱信号を溶滴移行検出部102からパルストリガ21、リセットトリガ27へ伝達可能にする。これによって、不感積算電力値に達しない間に検出されたチャタリングに伴う見かけの溶滴離脱信号の伝達が遮断され、一回の溶滴移行あたり一個の溶滴離脱信号が波形生成器16に伝達され、波形生成器16は溶滴離脱後の所定の溶接電流波形が出力されるように、出力制御部17を制御する。

【0039】また、ゲート22の制御は、不感時間設定器13によってもなされ、初回の溶滴離脱信号がパルストリガ回路21に入力された後、設定された不感時間の間、ゲート22が閉鎖される。また、前記多段波形により溶接電源波形を制御する場合、第1ピーク電流と第2ピーク電流とを流すピーク期間PTのみに溶滴移行検出を制限できるように、電流波形の出力レベルに応じて波形生成器16よりゲート22に開閉信号が出力され、ゲート22が開閉される。

【0040】また、前記積分器28からの積算電力信号は、溶滴離脱信号によって積分器28がリセットされるまで、比較器30によって限界電力設定器11によりあらかじめ設定された限界電力との比較がなされ、所定の限界積算電力に達したときにパルストリガ21へ溶滴強制離脱信号を出力する。パルストリガ21は、この信号を受けて波形生成器16へ強制離脱電流波形を出力するように制御信号を出力する。これによって出力制御部17を介してインバータ4が制御され、強制離脱電流波形が出力される。

【0041】上記溶接電源制御装置を備えた溶接装置を使用して、消耗電極ワイヤとしてφ1.2mmCuメッキソリッドワイヤ（銘柄MIX-50S：神戸製鋼所製）を用い、シールドガスとして炭酸ガスを用いて、定電圧制御の下でガスシールドパルスアーク溶接を行い、スパッタ発生量を調べた。また、比較のため、溶滴移行検出、溶滴離脱遅延検出を行わない定電圧制御を行う溶接電源制御装置を備えた溶接装置により、実施例と同様の条件でガスシールドパルスアーク溶接を行った場合についてもスパッタ発生量を調査した。

【0042】スパッタ発生量の測定は、図10に示すように、母材Mの長さ方向に沿って溶接トーチ121を移動させ、その上面にビードオンプレート溶接を行い、溶接部から全方向に飛び散ったスパッタを収集するように母材Mの溶接部を取り囲むように捕集箱131、131

を付設し、捕集箱に収集されたスパッタ量を測定することにより行われた。

【0043】溶接条件は実施例、比較例とも、シールドガス流量：25リットル／分、ワイヤ送り速度：10m／min、ワイヤ突き出し長さ：20mmとした。また、溶接電流波形は、実施例、比較例とも定電流波形とし、定常電流値を350Aとした。また、実施例では、溶滴強制離脱波形として、ピーク電流：380A、ピーク電流パルス幅4msecのパルス状方形波を用いた。

【0044】また、実施例における溶滴強制離脱条件として限界積算電力＝150～500Jに変化させた。また、実施例における溶滴移行検出条件に関しては、不感積算電力を100Jに設定し、ディスクリミネーターレベルを200Ω/secとし、溶滴移行検出部のアナログ回路（除算器、微分器）のカットオフ周波数を100kHzとした。

【0045】調査によって得られた限界積算電力とスパッタ発生量との関係を整理したグラフを図11に示す。また、参考として比較例によるスパッタ発生量を図中に併せて示す。同図から、限界積算電力を増大させると次第に移行遅延を検出しないようになり、従来の制御を行った比較例に近づく一方、逆に限界積算電力の設定値が低すぎると、溶滴移行の周期に同期しない、より高周波の無意味なパルスを多数発生させているため、かえって溶滴移行を不安定にし、スパッタを増加させていることがわかる。本実施例の場合、限界積算電力の値を最適値250～300Jに設定することにより、比較例に比してスパッタ発生量が大幅に減少することがわかる。

【0046】〔実施例2〕前記実施例1と同様の溶接条件、溶滴強制離脱条件、溶滴移行検出条件の下で、溶滴移行遅延防止に加えて溶滴離脱時のスパッタを低減させることを目的として、溶滴離脱後に離脱安定化波形を出力するようにした。離脱安定化波形は、溶滴離脱信号を受けた後、溶接電流を150Aまで低下させ、その電流値で5msec間保持する波形とした。

【0047】調査によって得られた限界積算電力とスパッタ発生量との関係を整理したグラフを図12に示す。また、定電圧制御を行った比較例によるスパッタ発生量を図中に併せて示す。同図から、移行遅延の判断基準として用いる限界積算電力は上記実施例1と同様、最適値が存在し、最適値付近では比較例に比してスパッタ発生量が大幅に低下していることがわかる。また、限界積算電力を最適値（300J）に設定し、溶滴離脱信号に基づく離脱安定化制御を行わないデータ（□）から明らかに、離脱安定化制御を併用することにより、スパッタ発生量がより減少することがわかる。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、消耗電極ガスシールドアーク溶接において、溶滴移行検出、溶滴離脱遅延検出を行い、離脱遅延が生じた場合に溶滴強制離脱制御を行

10

20

30

40

50

うので、移行遅延に起因した粗大溶滴の生成を未然に防止することができ、引いてはスパッタの生成抑制、溶接電源波形の円滑な制御を行うことができ、溶接品質のみならず生産効率の向上をも図ることができる。また、溶滴離脱の判断の基礎となるデータとしてアークインピーダンス（溶接電圧／溶接電流）の時間微分信号を用いることで、電源ノイズの影響を受けず、実際の溶滴移行タイミングを的確に検出することができ、これによって溶接電源波形を適正に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態にかかる溶接電源制御装置および溶接電源装置の機能ブロック図である。

【図 2】本発明の他の実施形態にかかる溶接電源制御装置および溶接電源装置の機能ブロック図である。

【図 3】溶滴強制離脱制御のフローチャートである。

【図 4】アークインピーダンス（溶接電圧／溶接電流）の時間微分信号波形の波形図である。

【図 5】サンプリングによって求めたアークインピーダンス信号の波形図である。

【図 6】図 5 で示されたアークインピーダンスの時間微分信号の波形図である。

【図 7】アークインピーダンス信号波形図（上段）およびその時間微分信号に基づいて検出された溶滴離脱信号の出力図（下段）である。

【図 8】実施例にかかる溶接電源制御装置を備えた消耗

電極ガスシールドアーク溶接装置の全体機能ブロック図である。

【図 9】溶接電流波形（定常電流波形）の 2 例を示す波形図である。

【図 10】実施例にかかるビードオンプレート溶接要領およびスパッタ捕集要領の説明図である。

【図 11】実施例 1 における限界積算電力とスパッタ発生量との関係を示すグラフである。

【図 12】実施例 2 における限界積算電力とスパッタ発生量との関係を示すグラフである。

【図 13】定電圧制御の溶接電源を使用して消耗電極ガスシールドアーク溶接を行った際の安定移行および溶滴移行遅延を示す溶接電流の波形図である。

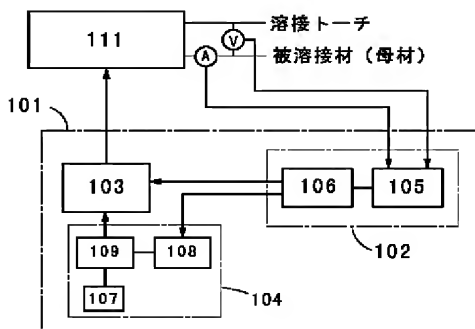
【図 14】溶滴移行のインタバルと移行状態（スパッタ発生状態）との関係を示す図である。

【図 15】溶滴離脱遅延が生じている場合の溶滴状態を示す説明図である。

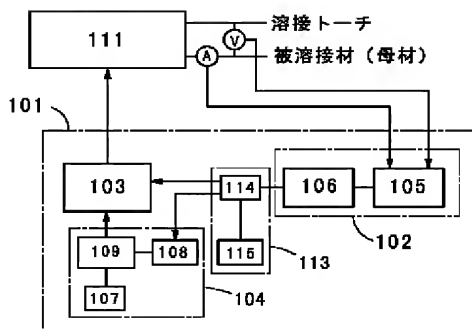
【符号の説明】

- 101 溶接電源制御装置
- 102 溶滴移行検出部
- 103 溶接電源波形制御部
- 104 溶滴離脱遅延検出部
- 111 溶接電源装置
- 113 不感処理手段

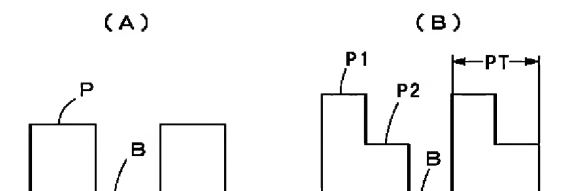
【図 1】



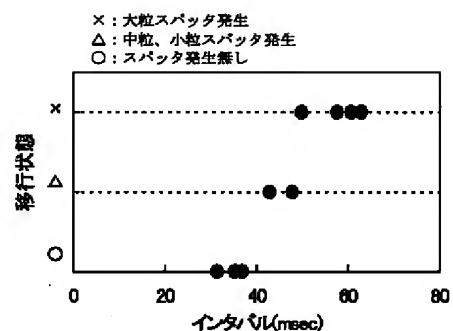
【図 2】



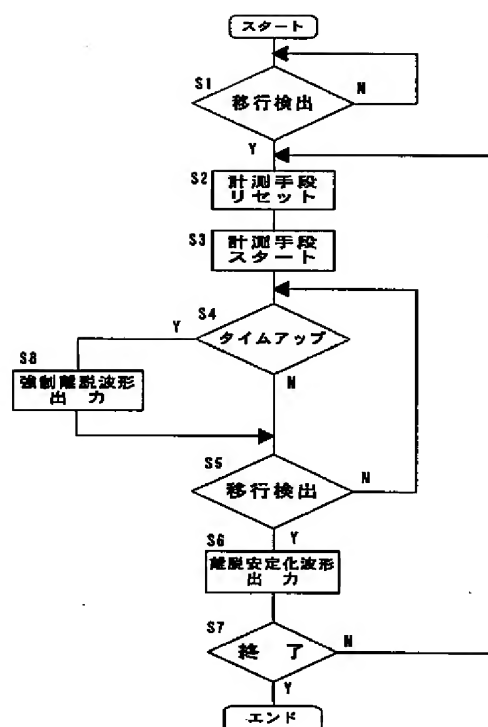
【図 9】



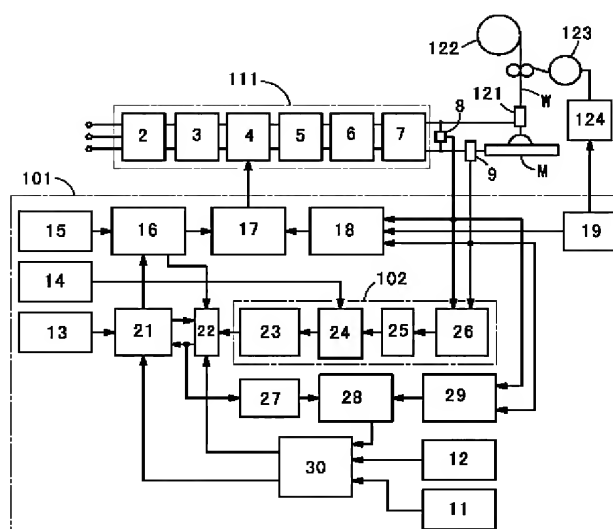
【図 14】



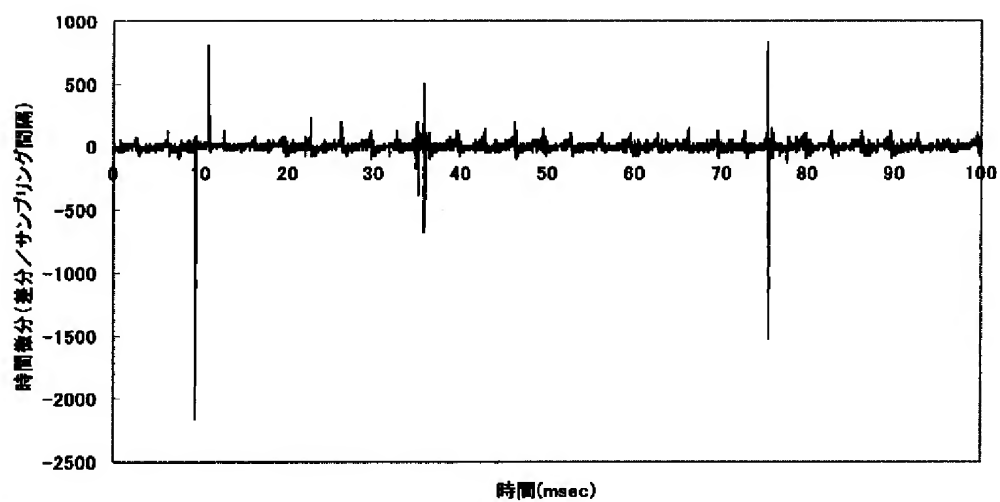
【図3】



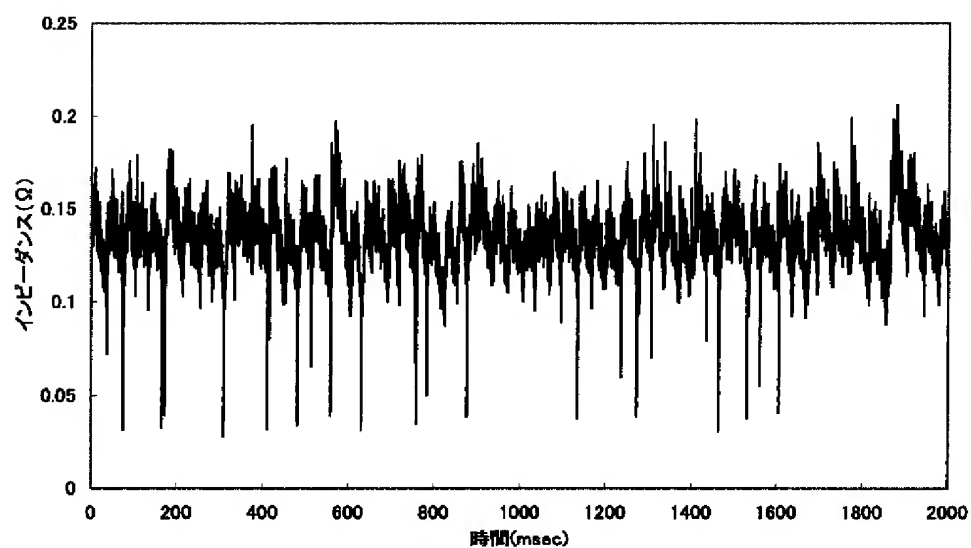
【図8】



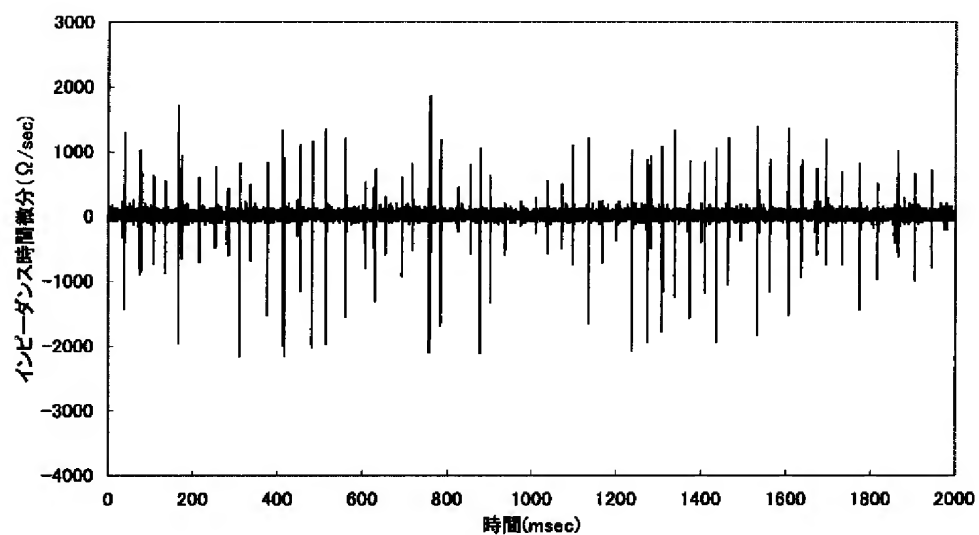
【図4】



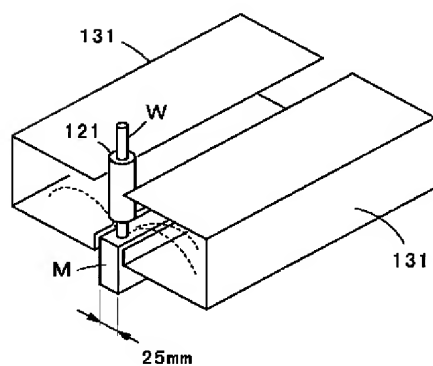
【図5】



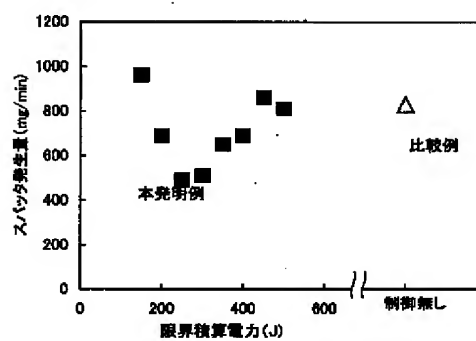
【図6】



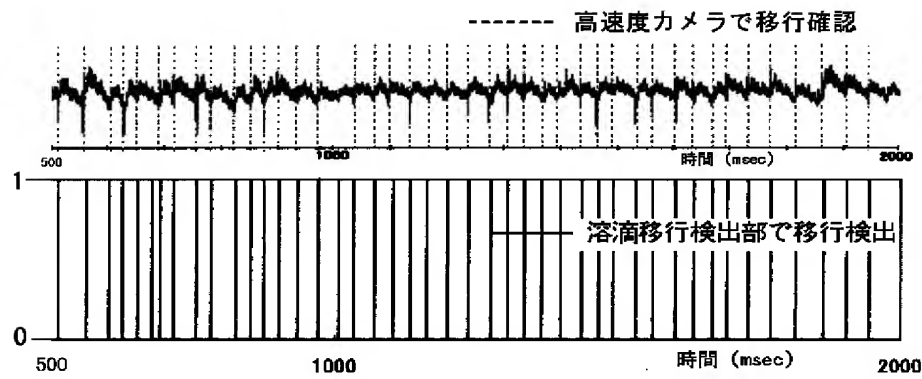
【図10】



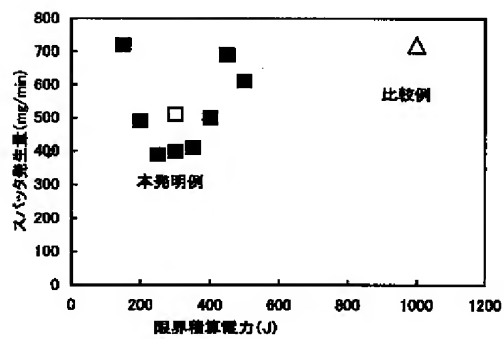
【図11】



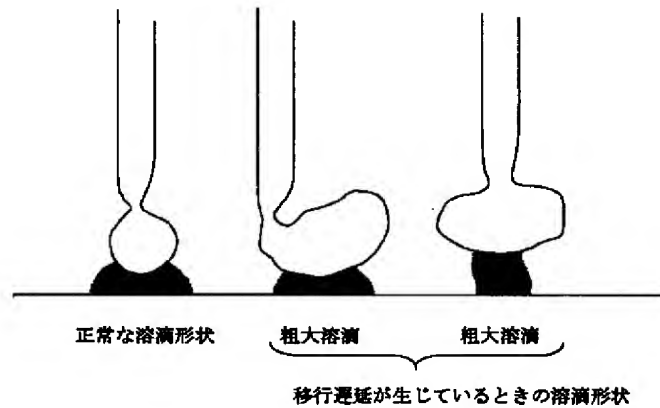
【図7】



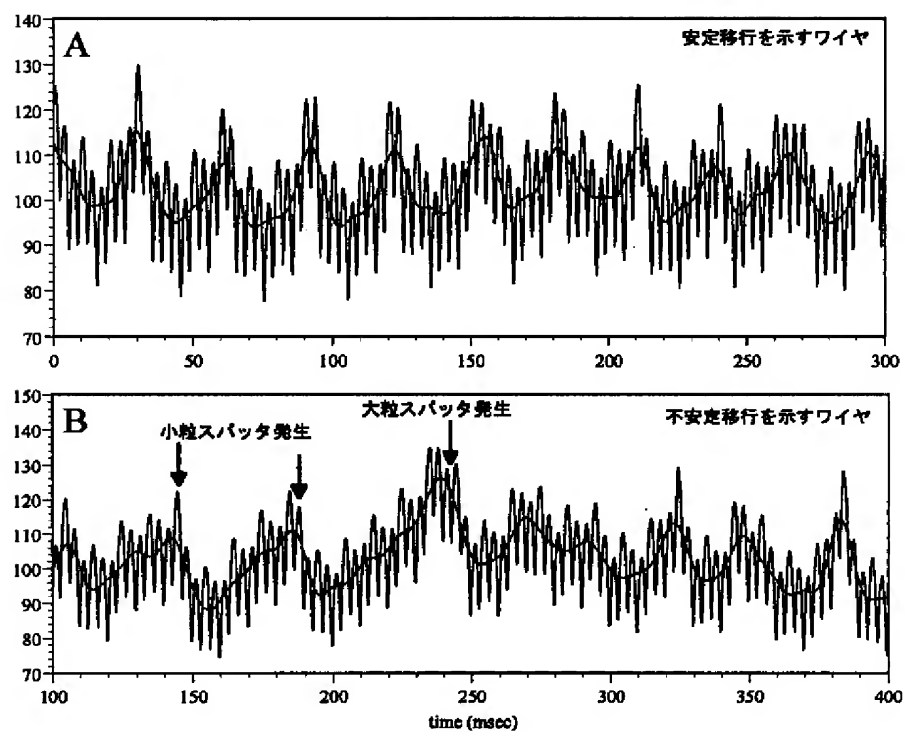
【図12】



【図15】



【図13】



PAT-NO: JP02001334365A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001334365 A
TITLE: WELDING POWER SUPPLY
CONTROLLER AND GAS SHIELDED
ARC WELDING EQUIPMENT USING
CONSUMABLE ELECTRODE
PUBN-DATE: December 4, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MIYAMOTO, TAKASHI	N/A
MATSUOKA, NAOKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOBE STEEL LTD	N/A

APPL-NO: JP2000149140
APPL-DATE: May 22, 2000

INT-CL (IPC): B23K009/073

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a welding power supply controller and a welding equipment using the same, with which not only the delay of droplet transfer but also the generation of spatters, caused by the forming of a coarse droplet, can be prevented in gas shielded arc welding using a consumable electrode.

SOLUTION: The welding power supply controller 101 in this invention is equipped with a droplet transfer detecting part 102 detecting the detachment of the droplet from the tip part of a consumable electrode wire and outputting a droplet detachment signal, a droplet detachment delay detecting part 104 outputting a droplet forced detachment signal when the droplet detachment signal is not received within a prescribed time after receiving the above droplet detachment signal and a welding power supply waveform controlling part 103 performing a droplet forced detachment control detaching forcibly a detachment- delayed droplet according to the above droplet detachment forcing signal. The time differential signal of welding voltage/welding current is found from the welding voltage and the welding current by the above droplet transfer detecting part 102, and a distinguishing means 106 detecting the detachment of the droplet according to this time differential signal.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO